

Hydraulik, Elektrik, Informatik – Gemeinschaftliche Entwicklung energieeffizienter und vernetzter Antriebssysteme

Jihao Guo, Hans Norbert Kossen, Hagen Neurath, Malte Otten, Michaela Pußack, Kerstin Ritters, Philipp Winkelhahn

Kurzfassung

Wie in den letzten Jahren bleiben elektrische Antriebe Gegenstand zahlreicher Entwicklungsprojekte. Anhand der vorgestellten Antriebe wird verdeutlicht, dass elektrische Komponenten sich zunehmend auch für Maschinen mit hohen Bauraumansprüchen eignen. Die Gleichstellung der elektrischen und hydraulischen Antriebstechnik zeigt sich auch bei einem Blick auf aktuelle universitäre Forschungsprojekte. Die Datenvernetzung in Antriebssträngen ist ebenfalls seit Jahren zu erkennen. Um neue Funktionalitäten durch Digitalisierung zu generieren, wird aktuell nach Möglichkeiten gesucht, IoT-Lösungen praktikabler zu gestalten.

Schlüsselwörter

Hydrostaten, Elektrifizierung, Vernetzung, IoT

Hydraulics, electrics, information technology – Joint development of energy-efficient and connected drive systems

Jihao Guo, Hans Norbert Kossen, Hagen Neurath, Malte Otten, Michaela Pußack, Kerstin Ritters, Philipp Winkelhahn

Abstract

As in recent years, electric drives remain the subject of numerous development projects. The drives presented here illustrate that electrical components are increasingly suitable for machines with high space requirements. The equality of electrical and hydraulic drive technology is also evident when looking at current university research projects. The data networking in drive trains has also been recognizable for years. In order to generate new product functionalities through digitalization, there is currently an increased search for possibilities to make IoT solutions more practicable.

Keywords

Hydraulic pumps & motors, electrification, data networking, IoT

Einleitung

Wie in der jüngeren Vergangenheit wurden im industriellen und wissenschaftlichen Umfeld auch im Jahr 2019 Komponenten, Systemlösungen und Methoden für die Entwicklung und den Betrieb elektrohydraulischer Antriebe entwickelt, die vor allem der zunehmenden technologieübergreifenden Antriebsstranggestaltung sowie der Datenvernetzung Rechnung tragen sollen. Die publizierten Lösungen betreffen hierbei den gesamten Antriebsstrang.

Die maßgebende Messe im Berichtszeitraum 2019 war die AGRITECHNICA, die vom 10. bis 16. November in Hannover ausgetragen wurde. Darüber hinaus wurden fachspezifische Publikationen auf der 77th International Conference on Agricultural Engineering LAND. TECHNIK AgEng 2019 (08.-09.11.2019, Hannover), der Informationsveranstaltung des Forschungsfonds Fluidtechnik (25.06.2019, Frankfurt am Main), der 16th Scandinavian International Conference on Fluid Power (22.-24.05.2019, Tampere) sowie der 7. Fachtagung Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen (20.02.2019, Karlsruhe) vorgestellt.

Elektrifizierung - Alternative oder Ergänzung?

Der Trend der Elektrifizierung von Antriebssystemen als Alternative oder Ergänzung zur Hydraulik hält weiter an, was sich zunehmend in den vorgestellten Maschinenkonzepten auf der AGRITECHNICA widerspiegelt. Dieser drückte sich dieses Jahr auch in der einzigen verliehenen Goldmedaille aus. John Deere präsentierte mit dem eAutoPowr ein elektrisch-mechanisch leistungsverzweigtes Getriebe, welches das konventionell hydrostatisch-mechanisch leistungsverzweigte Getriebe im Traktor ersetzt (siehe **Bild 1**) [1]. Das eingangsgekoppelte Fahrgetriebe verfügt über je fünf Fahrbereiche vorwärts und rückwärts, wobei im ersten Fahrbereich eine rein elektrische Leistungsübertragung stattfindet. Der elektrische Leistungspfad besteht aus zwei permanenterregten Synchronmaschinen mit einer Leistung von je 140 kW mit zugehöriger Leistungselektronik und Zwischenkreiskondensatoren. Aus dem DC-Zwischenkreis kann zusätzlich zur Leistungsversorgung des Fahrentriebs auch elektrische Leistung von bis zu 100 kW zur Verfügung gestellt werden, wodurch sich elektrische Prozessantriebe auf Anbaugeräten realisieren lassen. Als Schnittstelle wird der aktuell noch im Normungsprozess befindliche AEF-Stecker genutzt (ISO 23316). Im präsentierten Anwendungsbeispiel wurde ein Güllewagen des Herstellers Joskin mit zwei Triebachsen ausgestattet, die von einer E-Maschine angetrieben werden. Die angetriebenen Achsen ermöglichen eine Schlupfregelung des Gespanns. Das Getriebe soll in zwei Jahren in Serie gehen.



Bild 1: Elektrisch-mechanisch leistungsverzweigtes Getriebe eAutoPowr von John Deere mit elektrifiziertem Anhängerfahrgestell von Joskin

Figure 1: Electrical-mechanical power split transmission eAutoPowr from John Deere with electrified trailer chassis from Joskin

Ein vergleichbares Konzept wurde auf der AGRITECHNICA auch von ZF Friedrichshafen vorgestellt [2]. Das eTERRAMATIC ist ebenfalls ein elektrisch-mechanisch leistungsverzweigtes Traktorgetriebe, welches die Bereitstellung elektrischer Leistung für Anbaugeräte ermöglicht. Als Schnittstelle wird auch hier der AEF-Stecker genutzt (ISO 23316, siehe **Bild 2**). Die Leistungsverzweigung basiert auch bei diesem Konzept auf einer Eingangskopplung. Ein wesentlicher Unterschied zum John Deere-Getriebe besteht in den ins Getriebe hoch integrierten elektrischen Maschinen. Bei ZF wurden zwei permanenterregte Synchronmaschinen eingebaut, welche hier jeweils eine Leistung von etwa 50 % der Getriebeeingangleistung aufweisen. Beiden Konzepten gemein ist die Motivation, Komponenten und damit Kosten einzusparen und den Wirkungsgrad weiter zu verbessern. Dies wird durch die Integration eines elektrischen Pfades in das Fahrgetriebe und die gleichzeitige Bereitstellung elektrischer Leistung für Anbaugeräte erreicht. Im Vergleich zu hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigten Getrieben bietet sich dem Kunden damit ein unmittelbarer Mehrwert. Durch die Funktionsintegration kann auf zusätzliche Generatoren am oder im Traktor, wie sie beispielsweise in der TERRA+ Baureihe von ZF bereits vor zwei Jahren vorgestellt wurden, verzichtet werden. Bis zur serienmäßigen Verfügbarkeit solcher leistungsverzweigter Getriebekonzepte stellen die Generatoreinheiten jedoch eine praktikable Übergangslösung dar.



Bild 2: Standardisierte Nieder- und Hochvoltschnittstelle
Figure 2: Standardized low and high voltage interface

Parallel zur Weiterentwicklung einer mobilen elektrischen Leistungsversorgung wird das Portfolio kompakter elektrischer Motoren weiter ausgebaut. Insbesondere Antriebe im Bereich von 5-20 kW, die auf Niederspannungsniveau realisiert werden können, rücken zunehmend in den Fokus einer Elektrifizierung. Neben elektrischen Direktantrieben wird parallel an dezentralen Hydraulikversorgungen gearbeitet. Sonceboz stellte beispielsweise eine kompakte Motor-Pumpeneinheit vor. Die Nennleistung des passiv gekühlten BLDC Motors, der auf 48 V oder 24 V Niveau betrieben werden kann, liegt bei 3 kW. Kurzzeitig stellt der Motor bis zu 5,4 kW bereit, womit die Versorgungseinheit eine hydraulische Peak-Leistung von 4,7 kW besitzt. Bucher Hydraulics präsentierte einen Kompakt-Linear-Antrieb unter der Serienbezeichnung CLA für den Kurzzeitbetrieb S2/S3. Der verbaute 24 V Gleichstrommotor ermöglicht es dem Aktor, Druckkräfte von bis zu 25 kN und Zugkräfte bis maximal 13 kN bereitzustellen.

Die zunehmende Elektrifizierung hydraulischer Antriebe lässt sich auch dieses Jahr wieder anhand der Firmenübernahmen ablesen. Wie bereits vor zwei Jahren zu sehen war, holen sich etablierte Branchenvertreter zunehmend Elektrotechnik Know-how ins Unternehmen. So baute HAWE seine Elektrotechnikkompetenz mit der Übernahme von Mattro aus. Hierdurch soll die Entwicklung energieeffizienter Hydrauliksysteme vorangetrieben werden, was eine ganzheitliche Betrachtung erfordert. Mit den hohen und ausgeprägten Wirkungsgrad-Plateaus elektrischer Antriebe steigen jedoch auch die Erwartungen an hydraulische Komponenten. Bucher kommt dieser Forderung mit der Markteinführung einer Floating Cup Pumpe nach.

Hydrostaten und Ventiltechnik - Neuheiten und Produktpflege

Bucher Hydraulics führt das neue Pumpenkonzept unter der Baureihenbezeichnung AX ein. Der hohe Wirkungsgrad, welcher sich in einem weiten Arbeitsbereich zwischen 92 % und 94 %

bewegt, resultiert aus mehreren konstruktiven Verbesserungen [3]. Diese reduzieren insbesondere die Reibung durch einen kürzeren Kolbenhub, ein ausgeglichenes Kräfteverhältnis anhand des symmetrischen Aufbaus sowie durch die hydrostatische Lagerung. Gleichzeitig sorgen ebendiese Verbesserungen für eine höhere Leistungsdichte als bei konventionellen Axialkolbenpumpen. Der hydraulisch-mechanische Wirkungsgrad steigt mit zunehmendem Druck und gleicht damit den abfallenden volumetrischen Wirkungsgrad aus. Die hohe Anzahl von 24 Kolben sowie die bauartbedingt reduzierten inneren Kräfte sorgen für eine geringe Pulsation, woraus auch geringere Geräuschemissionen folgen. Das schnelle Ansprechverhalten der Hydrostaten sorgt für eine Eignung in Flow on Demand Anwendungen. Laut Aussage von Bucher wurde die Funktion der Hydrostaten unter Druckbeanspruchung von 500 bar und einer Drehzahl von weniger als 1 min^{-1} nachgewiesen. Die Drehbewegung aus dem Stillstand heraus erlaubt die Generierung sehr geringer Volumenströme trotz konstantem Verdrängervolumen. Die obere Drehzahlgrenze ist mit 3.500 min^{-1} angegeben, unter Vorspannung der Saugseite kann diese auf 4.500 min^{-1} erhöht werden. Dauerhaft ist ein Arbeitsdruck von 450 bar möglich, absolut liegt die Grenze bei 500 bar. Neben den aktuellen Baugrößen zwischen 18 ccm und 76 ccm arbeitet der Hersteller an Lösungen mit bis zu 122 ccm sowie an Verstelleinheiten. Als Anwendungsbereich für Pumpen sieht der Hersteller drehzahlvariable Antriebe, die sich insbesondere für elektrifizierte Maschinen optimal eignen. Anwendungsgebiete der Motoren werden durch Bucher beispielsweise in Windenantrieben von Kranen und Fahrtrieben gesehen.

Ebenfalls mit dem Ziel der Effizienzsteigerung arbeitet Linde Hydraulics weiter an der Dry-Case-Umsetzung für Axialkolbenmotoren. Auf der Messe war der Doppelmotor HMV 165D zu sehen, welcher die im Jahr 2015 vorgestellte Baureihe mit einem maximalen Schluckvolumen von 330 ccm nach oben erweitert. Durch die Absaugung werden die Gesamtverluste um ca. 50 % reduziert. Alle relevanten Triebwerksteile werden im Dry-Case-Betrieb gezielt durch das vorhandene Lecköl geschmiert. Als Möglichkeit für eine aktive Absaugung wird der Einsatz einer Zahnradpumpe genannt. Der vorgestellte Doppelmotor findet bereits Anwendung in einer mobilen Maschine.

Auch im Bereich der Axialkolbenpumpen gibt es Weiterentwicklungen, POCLAIN zeigte die neue Mitteldruckpumpe PM20 (siehe **Bild 3**). Die in drei Baugrößen mit einem Fördervolumen zwischen 21 ccm und 28 ccm angebotenen Pumpen ergänzen das Produktprogramm der bekannten PM-Baureihe. Auf der Messe wurde die Ausführung als Tandempumpe gezeigt. Anwendungspotential wird in Fahrtrieben mit mehreren Laufwerken gesehen. Die Möglichkeit der separaten Versorgung einzelner Laufwerke erlaubt Fahrmanöver wie eine 360° -Drehung als Wendemanöver, wie sie aus der Anwendung von Kompaktladern bekannt ist. Ohne eine zusätzliche Drossel- oder Verdrängersteuerung lassen sich die Fahrwerke in entgegengesetzte Richtungen drehen. Gegenüber zwei separaten Einheiten reduziert sich die Verschaltungstechnik, was in einem geringeren Leckagerisiko und geringeren Kosten resultiert. Als weiteren Vorteil gibt der Hersteller den geringen Bauraumbedarf mit einer Länge der gesamten Tandemeinheit von 360 mm an. Neben einer hydraulischen Steuerung sind eine mechanische sowie eine elektroproportionale Steuerung mit Feedback-Funktion verfügbar. Zusätzlich plant POCLAIN, das Angebot um eine hydraulisch-automotive Fahrtriebssteuerung bis zum Ende

des Jahres 2020 zu erweitern. Bereits im Programm sind eine integrierte Spül- und Speiseeinheit sowie ein Durchtrieb zur Anbindung einer weiteren Pumpe.

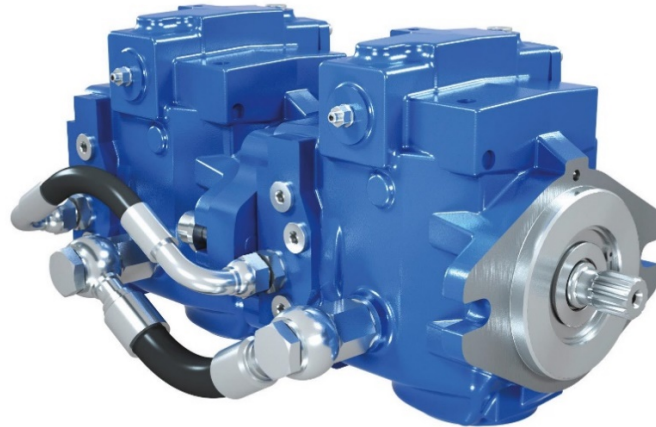


Bild 3: Tandempumpe PM20 aus dem Hause Poclain [4]

Figure 3: Tandem pump PM20 from Poclain [4]

Bosch Rexroth stellt die neue Baureihe 35 der A4VG Axialkolben-Verstellpumpe vor. Im Vergleich zu den vorhandenen Baureihen 32 und 40 bietet diese eine höhere Druckfestigkeit mit einem Höchstdruck von 530 bar. Ein direktgesteuerter, elektrischer Regler, der unter der Bezeichnung ET geführt wird, bildet den Standard-Regler. Das üblicherweise in Reglern integrierte 4/3-Wege-Ventil wird in diesem Regler durch zwei elektrische Druckreduzierventile ersetzt. Dadurch können der Stelldruck und damit einhergehend der Pumpenschwenkwinkel direkt anhand der vorgegebenen Stromstärke an der Magnetspule eingestellt werden. Zusammen mit einem neuentwickelten elektronischen Druckregler für mobile Anwendungen und genauerem Schwenkwinkelsensor ermöglicht die Pumpe erstmals eine Druckregelung in einem geschlossenen Fahrhydraulikkreis.

Ein wissenschaftlicher Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz hydraulischer Antriebe wurde in [5] beschrieben. Auf Grundlage der bedarfsgerechten Leistungsbereitstellung wurde ein drehzahlvariabler Antrieb mit einer Doppelzahnradpumpe dargestellt, der ein großes Fördervolumen für geringe bis mittlere Drücke sowie ein geringes Fördervolumen für hohe Drücke bereitstellt. Hierdurch kann im Vergleich zu einer Einzelpumpe das erforderliche Drehmomentniveau reduziert werden. Vorteile soll das System in Bezug auf die Energieeffizienz sowie das strömungsbedingte Geräuschverhalten haben.

Liebherr Components erweitert ebenfalls die Auswahl an Pumpenreglern. Für die vorhandene Axialkolbenpumpe LH30VO steht ein modularer Reglerbaukasten aus 8 Reglern mit mehr als 35 Kombinationsmöglichkeiten zur Verfügung. Der LS0DE-Regler etwa kombiniert einen Load-Sensing-Regler und eine elektrische Druckregelung. Wie auch der Druckregler bietet dieser zwei Varianten, sowohl mit steigender als auch mit fallender Kennlinie. Des Weiteren

wurde an der genannten Pumpenbaureihe der Einbauraum reduziert. Grund für die Maßnahme ist der geringe zur Verfügung stehende Einbauraum an den Verbrennungskraftmaschinen.

Einen Beitrag zur Reduzierung von Verlustleistungen in Pumpenreglern stellte das IFAS in [6] vor. Ziel dieses Projekts war dabei die Erforschung eines energieeffizienten Reglers für verstellbare Kolbenpumpen, der lediglich Leistung zur Verstellung der Pumpe benötigt und keine kontinuierlichen Bypass-Verluste aufweist. Hierbei wird auf die Bypass-Blende und damit einem Dämpfungselement verzichtet, weswegen alternative Regelungsstrategien entwickelt werden müssen, um die heutige Güte der Druckregelung weiterhin zu gewährleisten. Zum Zeitpunkt der Berichterstattung wurden verschiedene Regelungskonzepte simulativ erarbeitet, die bis zum Projektende im Frühjahr 2020 gefertigt und erprobt werden sollen.

Das auf der AGRITECHNICA von HYDAC vorgestellte Rotary Drive Control beschreibt einen Systemansatz mit der Möglichkeit, Drehzahlen unterschiedlicher hydraulischer Antriebe stufenlos, präzise und hochdynamisch zu regeln. Beispielhaft wurde auf der Messe eine Antriebseinheit aus einem Hydraulikmotor mit integriertem Drehzahlsensor und angeflanschem Ventilsteuerblock aus dem Serienstand gezeigt. Mehrere dezentrale Antriebseinheiten können zu einem Gesamtsystem kombiniert und unabhängig voneinander über ein zentrales Steuergerät verbunden werden. Eingesetzt werden im Exponat ein induktiver Drehzahlsensor mit einer Auflösung von 36 Inkrementen pro Umdrehung sowie ein 2/2-Wegeventil in Cartridge-Bauweise mit elektro-proportionaler Volumenstromregelung. Kern des Systems bildet die automatische Kalibrierung. Diese vereinfacht die Inbetriebnahme durch die Kompensation von Fertigungstoleranzen oder variierende Ventilkennlinien der Komponenten. Im Betrieb können darüber hinaus Störgrößen eliminiert werden. Zur Kalibrierung wird eine Systemkennlinie, basierend auf einem aufgezeichneten Betriebsverhalten, in der Steuerung hinterlegt. Das gezeigte System findet Anwendung in einem Dosierwalzenantrieb für Düngerstreuer. Die maximale Drehzahl von 1.200 min^{-1} wird in diesem Beispiel mit einer kurzzeitigen, maximalen Abweichung von 10 min^{-1} angegeben. Eine permanente Abweichung wird durch den geschlossenen Regelkreis vermieden. Weitere Anwendungsmöglichkeiten liegen laut HYDAC in Streutellerantrieben für Düngerstreuer, Spindelantrieben von Sägeräten, Pumpenantrieben für Feldspritzen und Güllefässer, Fährantrieben, Bohrwerksantrieben sowie Band- und Schneckenantrieben. Zur Anbindung an die Maschinensteuerung wird eine CAN-Bus-Schnittstelle angeboten. Derzeit arbeitet HYDAC an einem Systembaukasten mit aufeinander abgestimmten Komponenten. Ziel ist eine flexible Bedienung von Kundenwünschen durch bereits erprobte Subsysteme.

Mit dem Ziel eines verbesserten Kurvenlaufes beim Einsatz eines hydrostatischen Einzelradantriebes stellt HydraForce den HTD (Hydraulic Torque Divider) vor. Statt der üblichen Volumenstromsteuerung unter Verwendung eines Mengenteilers wird die Traktionskontrolle mittels einer Druckregelung realisiert. Alle Räder sollen unabhängig von ihrer Drehzahl das gleiche Drehmoment übertragen. Ein Druckregelventil HTD10-40, welches zwischen zwei in Reihe geschaltete Motoren eingesetzt wird, sorgt für einen Druckausgleich. Das schafft wiederum einen Ausgleich des Differentialflusses zwischen innerem und äußerem Rad bei Kurvenfahrt. Der Druck an Anschluss 1 bzw. 3 wird auf die Hälfte des Druckes zwischen Anschluss 2 und 4

angepasst. Wenn die Anschlüsse wie in **Bild 4** dargestellt mit den Motoren verbunden werden, sind die Druckabfälle bzw. die Drehmomente in beiden in Reihe geschalteten Motoren identisch. HydraForce gibt bei einem Volumenstrom von 100 l/min eine Energieeinsparung von bis zu 3,3 kW gegenüber dem Mengenteiler an, weil das Druckmedium den Drehmomentverteiler nur bei Kurvenfahrt passiert. Das System besteht aus zwei Ventilen und erfordert keine zusätzliche Sensorik und Regelung. Besonders geeignet ist die Lösung daher für kostensensible Anwendungen.

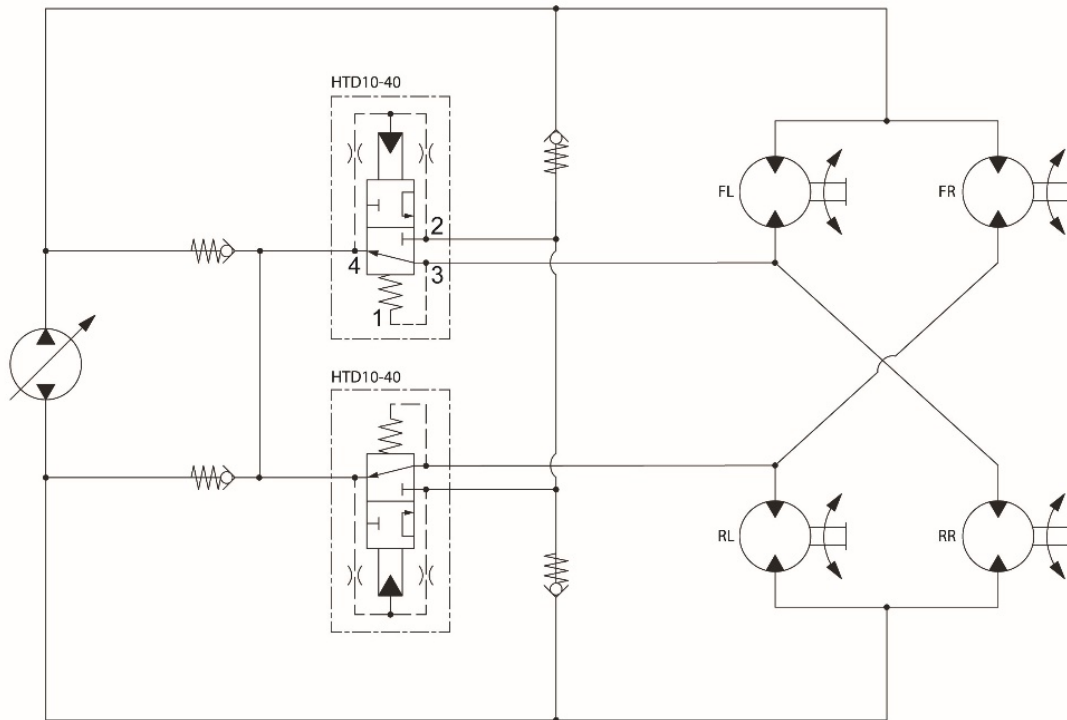


Bild 4: Allradantrieb in Seriell-Parallel-Schaltung mit HydraForce HTD 10-40-Drehmomentverteiler [7]
Figure 4: All-wheel drive in serial-parallel connection with HydraForce HTD 10-40 torque distributor [7]

Außerdem präsentierte HydraForce ein dynamisches LS-Boostventil, das eine bedarfsgerechte Anpassung des LS-Drucks ermöglicht. Zur Vermeidung einer Unterversorgung orientiert sich die konstante LS-Druckdifferenz eines konventionellen LS-Systems am Betriebspunkt mit maximalem Druckverlust. Im Teillastbereich erweist sich dieser Umstand als energetisch ungünstig. Das LS-Boostventil LSB08-30 steuert den LS-Differenzdruck entsprechend des aktuellen Druckverlusts im System. Der Aufwand und die Komplexität der konventionellen LS-Steuerung erhöhen sich nicht, es wird lediglich das Druckregelventil durch das LS-Boostventil ausgetauscht. Neben der rein hydraulischen Antriebstechnik ist HydraForce auch im Bereich der Digitalisierung aktiv.

Digitale Transformation

Für den Bereich der digitalen Transformation in der Fluidtechnik präsentierten diverse Hydraulikhersteller Komponenten, Systeme und Online-Dienste. Diese sollen vor allem den Datenaustausch hinsichtlich des Fahrzeugflottenmanagements sowie zwischen Maschine und Service vereinfachen. So zeigte der Systemintegrator FLUITRONICS aus Krefeld einen Steuerblock für die Applikation Abfallsammelfahrzeug. Dieser beinhaltet Funktionen zur hydraulischen Steuerung, Sensordatenverarbeitung, Maschinenkommunikation und Internet-Gateway. Während die drei erstgenannten Funktionen von FLUITRONICS direkt stammen, wurde die Verbindung zur IoT-Cloud in Kooperation mit einem externen Servicepartner bedient. Den gleichen Weg hat auch HydraForce eingeschlagen. In Zusammenarbeit mit Epec Oy (Tochtergesellschaft des Forstmaschinenherstellers Ponsse) bietet HydraForce nun Hard- und Softwarelösungen für den Fernzugriff (ERAU Remote Access Unit, GatE Cloud Server) zu Servicezwecken sowie ein Cloud-basiertes Fernverwaltungspaket für Mobilsteuerungen (GlobE Cloud Service) an. Somit können Software-Updates, Anpassungen von Maschineneinstellungen, Maschinendiagnosen sowie Edge Computing nun einfacher realisiert werden. Grundlage für all diese Funktionalitäten sind die in den Fahrzeugen eingebauten elektronischen Steuergeräte (ECU). Bei der Aktualisierung der Steuergeräte hat Bosch Rexroth bei der BODAS RC Reihe das Hauptaugenmerk auf die funktionale Sicherheit sowie die Informationssicherheit gelegt. So können mit den aktuellen BODAS RC Steuergeräten die Anforderungen an die funktionale Sicherheit nach DIN EN ISO 25119 erfüllt werden. Hiermit können Sicherheitsfunktionen bis zum Level AgPL d realisiert werden. Darüber hinaus wurden Rahmenbedingungen geschaffen, die vor unabsichtlichen bzw. missbräuchlichen Änderungen der Maschineneinstellungen schützen sollen. Dies wird durch verschiedene, passwortgeschützte funktionale Ebenen innerhalb der Steuergeräte erreicht. Auf diese Weise können die Mitarbeiter eines Maschinenherstellers den Berechtigungsstufen beim Zugriff auf die Steuergeräte zugeordnet werden. Unterdessen zeigt BONDIOLI & PAVESI, dass die IoT-Funktionalitäten nicht nur für hydraulische Systeme entwickelt werden. Unter dem Begriff HUB wurden neben einer IoT-fähigen Axialkolbenpumpe und einem Ventilblock die neuen Möglichkeiten auch anhand einer Gelenkwelle gezeigt. Bei dieser ist es nun möglich, Betriebsdaten der Gelenkwelle mittels Nahfeldkommunikation (NFC) zunächst an die Maschinensteuerung und später an das Clouddatenmanagement zu übertragen.

In einem Forschungsvorhaben der Aalto University wurden erste Untersuchungen durchgeführt, um die Zusammenhänge zwischen Ölzuständen und der Filterbetriebszeit zu untersuchen [8]. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines intelligenten Ölfilters, der seine Restlebensdauer vorhersagen kann. Diese Informationen sollen zur vorausschauenden Wartung verwendet werden, um unnötige Filterwechsel zu vermeiden und Ausfallzeiten aufgrund eines Filterversagens zu verhindern. Im ersten Schritt wurde ein Korrelationsmodell für den Druckabfall über ein Filterelement in Abhängigkeit des Verschmutzungsgrades, der Durchflussrate sowie der Fluidtemperatur entwickelt. Das Modell wurde anhand experimenteller Daten validiert und weist eine hohe Genauigkeit mit einem Bestimmtheitsmaß von über 0,98 auf.

Neue Funktionen

Die Easy mount IoT pumps [9] wurden auf der AGRITECHNICA auch als Komponentenbeispiel in der neu entwickelten Continuously Variable Transmission Unit von BONDIOLI & PAVESI präsentiert. Dieses hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigte Getriebe wurde für die Verwendung auf Anbaugeräten entwickelt und ermöglicht unabhängig vom Traktortriebsstrang eine Wandlung der bereitgestellten PTO-Leistung. Durch die vergrößerte Drehmoment- und Drehzahlspanne können Funktionsumfänge erweitert werden. So lassen sich beispielsweise durch große Übersetzungen und Momente Anfahrvorgänge unterstützen, in der anderen Richtung lassen sich durch Drehzahlüberhöhung Reinigungsfunktionen implementieren. In der Spitze kann die Continuously Variable Transmission Unit 300 kW übertragen. Das Getriebe ist für die Installation auf der Deichsel optimiert. Hierzu verfügt das Getriebe über fluchtende Eingangs- und Ausgangswellen. Das hydraulische System arbeitet unabhängig von der Traktorhydraulik und ist mit eigenem Tank und Kühlsystem ausgestattet. Entwickelt wurde das Getriebe für den Einsatz auf Futtermischwagen. Die Continuously Variable Transmission Unit wurde auf der AGRITECHNICA mit der Systems & Components Trophy ausgezeichnet.

Ein zusätzliches Getriebe für Anbaugeräte wurde auch von WALTERSCHEID vorgestellt. Gemeinsam mit CNH Industrial Deutschland entwickelten sie ein Anfahrgetriebe für Ballenpressen, welches mit einer Silbermedaille ausgezeichnet wurde. Das rein mechanische Getriebe verfügt über zwei Gänge, welche automatisch geschaltet werden, sobald eine maximale Drehzahl im ersten Gang erreicht ist. Durch die veränderliche Übersetzung können höhere Schwungradrehzahlen erreicht und so die gleiche Energie bei geringerer Schwungradmasse gespeichert werden. Eine zusätzlich integrierte Lamellen-Bremse hält den Presskolben am Ende des Pressvorgangs an einer geeigneten Position an, sodass beim folgenden Startvorgang nicht unter Last angefahren werden muss. Ein weiterer Schwerpunkt der Neuheiten bei WALTERSCHEID betrifft das Heckhubwerk des Traktors. Dabei steht vor allem die Sicherheit im Vordergrund, was sich auch bereits vor zwei Jahren mit dem hydraulischen Oberlenker mit Schwingungsdämpfung zeigte. Ergänzend wurden nun auch die Unterlenker optimiert. Durch eine verbesserte Form des Unterlenkers, welcher nun mehrfach gebogen ist, entsteht mehr Platz im Heckbereich. Darüber hinaus ermöglicht eine hydraulisch verstellbare Seitenstrebe (HGST, siehe **Bild 5**) die Anpassung der Seitenbewegung des Unterlenkers in zwei Stufen. Neben den üblichen 125 mm für Anwendungen der Kategorie 2 kann die Seitenbewegung auf 70 mm für Kategorie 3 reduziert werden, auch eine vollständige Blockierung ist möglich. So wird eine Kollision des Unterlenkers mit dem Traktorreifen an der Hinterachse verhindert. Der Bauraumbedarf ist dabei gegenüber hydraulischen Seitenstreben ohne Verstellung nicht wesentlich erhöht, sodass ein Austausch in bestehenden Systemen möglich ist.

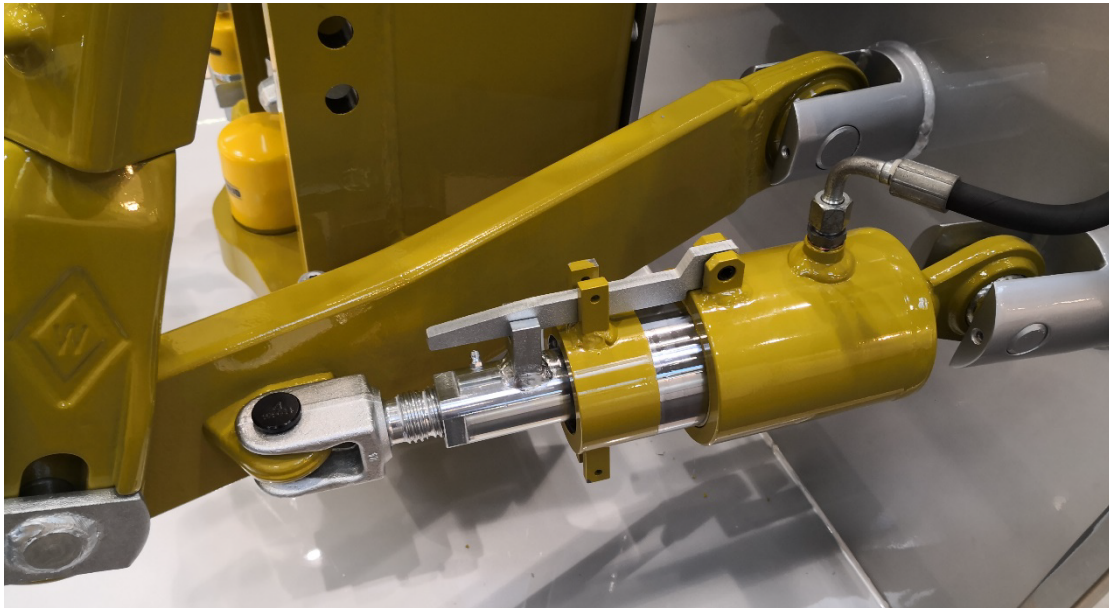


Bild 5: Hydraulisch gesteuerte Seitenstrebe von WALTERSCHEID
Figure 5: Hydraulic stabilizers from WALTERSCHEID

Mit dem Heckhubwerk befasst sich auch Bosch Rexroth, auf der Messe wurde mit dem Land Leveling eine neue Funktion der Hubwerksregelung EHC-8 präsentiert, welche in Traktoren kleinerer Leistungsklasse eingesetzt wird. Über einen Laser aus dem Hause Bosch wird eine horizontale Ebene über das zu bearbeitende Feld gelegt, die mittels eines gezogenen Anbaugeräts mit Nivellierschild für das Land Leveling genutzt wird. Am Anbaugerät ist ein Empfänger installiert, welcher das Lasersignal ausliest. Über den Vergleich dieses Ist-Wertes mit den vorab ermittelten Soll-Werten bewegt die Hubwerksregelung das Nivellierschild und erzeugt so eine ebene Fläche. Mit dieser vergleichsweise einfachen Methode zur Erstellung von Ebenen im Feld kann das System auch in Ländern mit weniger hoch entwickelten Maschinen genutzt werden. Als Beispielanwendung wird der Reisanbau in Indien genannt, wo eine möglichst ebene Fläche zur gleichmäßigen Bewässerung der Pflanzen erforderlich ist.

Eine weitere Hubwerkslösung präsentierte Danfoss Power Solutions mit der weiterentwickelten Hitch-Control Solution 2.0. Verbessert wurde die Dämpfung von Nickschwingungen bei der Transportfahrt, die bei Traktoren mit aufgesatteltem Anbaugerät Komfort und Fahrsicherheit beeinflussen. Unter Ausnutzung der Massenträgheiten der Anbaugeräte werden hierzu über die Hubwerkszylinder an Front- und Heckkraftheber Momente erzeugt, die den Nickschwingungen entgegenwirken. Eine zusätzliche Erweiterung des Systems stellt die Implementierung einer Hardware-in-the-Loop-Schnittstelle dar. Die Parametrierung des Systems kann somit digital unterstützt werden, die Abhängigkeit von Witterungsbedingungen wird gesenkt.

Vorgestellt wurde auch die Front Loader Solution [10]. Mit dieser Frontladersteuerung liefert Danfoss Power Solutions eine umfassende Lösung für Sensorik, Ventile sowie Software. Je nach gewünschtem Umfang und verbauter Sensorik kann eine weite Bandbreite an Sicherheits- sowie Assistenzfunktionen implementiert werden. Einen Mehrwert für OEMs besteht neben einer kürzeren Time to Market in Funktionen, die Lastspitzen auf Hydraulik und Mechanik

vermeiden und somit in höheren Komponentenlebensdauern sowie in Möglichkeiten zum Downsizing von Strukturelementen.

Ein neu entwickeltes elektro-hydraulisches Lenksystem für angehängte Fahrzeuge präsentierte HYDAC. Auf klassische Drehwinkelgeber an der Deichsel wird dabei verzichtet. Stattdessen wird die Gierbeschleunigung des Anhängers über einen Inertialsensor ermittelt. Über ein Steuergerät wird hieraus der Sollwinkel für die gelenkten Achsen berechnet, der für die Regelung benötigte Istwert wird über Winkelsensoren an den Achsen ermittelt. Die Lenkzylinder werden elektrohydraulisch aktuiert, die Versorgung erfolgt über die Hydraulikanschlüsse des Traktors. Vorteilhaft an der Verwendung des Inertialgebers ist dabei die geometrische Unabhängigkeit der Sensoranbindung. Der Inertialgeber kann weitgehend frei auf dem Fahrzeug positioniert werden, es ist keine Sensorik auf der Deichsel erforderlich. Das Lenksystem ist dadurch unabhängig von der jeweiligen Anhängervorrichtung einsetzbar. Zur Unterstützung bei Inbetriebnahme und Fehleranalyse kann das System über ein Terminal angesprochen werden.

Zusammenfassung

Wie bereits in den letzten Jahren, bleiben elektrische Antriebe Gegenstand zahlreicher Entwicklungsprojekte. Anhand der vorgestellten Antriebe wird verdeutlicht, dass elektrische Komponenten sich zunehmend auch für Maschinen mit hohen Bauraumansprüchen eignen. Die zunehmende Gleichstellung der elektrischen und hydraulischen Antriebstechnik zeigt sich auch bei einem Blick auf aktuelle universitäre Forschungsprojekte. An einer hydraulischen Leistungsversorgung für angebaute Geräte aus dem hydraulisch-mechanisch leistungszweigigen Fahrgetriebe wird an der TU Braunschweig gearbeitet. Dies entspricht einem Äquivalent zu den von John Deere und ZF vorgestellten elektrischen Antrieben. An elektrischen Lösungen für hydraulische Konzepte wird ebenfalls geforscht. Von der TU Dresden wurde eine elektrische Drehzahlvariation der Zapfwellendrehzahl vorgestellt, was dem technologischen Pendant zum von BONDOLI & PAVESI vorgestellten Produkt entspricht.

Die Datenvernetzung in Antriebssträngen ist ebenfalls seit Jahren zu erkennen. Um neue Produktfunktionalitäten durch eine Digitalisierung zu generieren, wird aktuell verstärkt nach Möglichkeiten gesucht, IoT-Lösungen praktikabler zu gestalten. Dies spiegelte sich in der mit einer Systems & Components Trophy prämierten Easy mount IoT pump von BONDOLI & PAVESI wider. Auch auf der Softwareseite wird von mehreren Herstellern an Ansätzen zum vereinfachten Cloud-Einsatz gearbeitet.

Literatur

- [1] Duppong, S. A.; Kuhl, M. und Delvaux, O.: Production System Optimization with Electrified Powertrain. Proceedings of the 77th International Conference on Agricultural Engineering LAND. TECHNIK AgEng 2019, VDI Wissensforum GmbH, 08.-09.11.2019, S. 421-426, ISBN 978-3-18-092361-1.
- [2] Himmelsbach, R.; Pohlenz, J. und Grad, K.: eCTV for Tractors. Proceedings of the 77th International Conference on Agricultural Engineering LAND. TECHNIK AgEng 2019, VDI Wissensforum GmbH, 08.-09.11.2019, S. 127-134, ISBN 978-3-18-092361-1.
- [3] Peitsmeyer, D.: Hydraulics in electrified machines - Electrification needs high efficiency. Proceedings of the 77th International Conference on Agricultural Engineering LAND. TECHNIK AgEng 2019, VDI Wissensforum GmbH, 08.-09.11.2019, S. 145-152, ISBN 978-3-18-092361-1.
- [4] Poclain press Release AGRITECHNICA 2019 LIGHT.doc, November 2019.
- [5] Speicher, T.; Thies, T.; Kettenhofen, O. und Gessat, J.: Double-Pump (R)Evolution – Higher Efficiency and Lower Noise Level for Variable Speed Pump Drives, Proceedings of the 16th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 22.-24.05.2019, S. 350-361, ISBN 978-952-03-1302-9.
- [6] Schmitz, K. und Schoemacker, F.: Regelorgane für Verstellpumpen mit systematischer Vermeidung kontinuierlicher Bypass-Verluste. Informationsveranstaltung des Forschungsfonds Fluidtechnik, 25.06.2019, Frankfurt am Main.
- [7] N.N.: Elektrohydraulische Steuerungslösungen für die Fördertechnik. URL – https://www.hydraforce.com/Literature/Solution_Brochures/German/Material-Handling_Solutions_Manual-DE.pdf - Zugriff am 24.02.2020.
- [8] Jokinen, A.; Calonius, O.; Gorle, J. und Pietola, M.: Data Correlation Model for Hydraulic Fluid Filter Condition Monitoring. Proceedings of the 16th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 22.-24.05.2019, S. 212-221, ISBN 978-952-03-1302-9.
- [9] Bombarda, G. und Maxeiner, T.: Remotely Controlled Electro-Hydraulics ready for the IoT. Proceedings of the 77th International Conference on Agricultural Engineering LAND. TECHNIK AgEng 2019, VDI Wissensforum GmbH, 08.-09.11.2019, S. 289-293, ISBN 978-3-18-092361-1.
- [10] Oskarsson, D.; Westergaard, E. und Langer, T. H.: Optimization of tractor front loader improved design freedom and increased operability. Proceedings of the 77th International Conference on Agricultural Engineering LAND. TECHNIK AgEng 2019, VDI Wissensforum GmbH, 08.-09.11.2019, S. 427-432, ISBN 978-3-18-092361-1.

Autorendaten

M. Sc. Jihao Guo, M. Sc. Hans Norbert Kossen, M. Sc. Hagen Neurath, M. Sc. Malte Otten, M. Sc. Michaela Pußack, M. Sc. Kerstin Ritters und Dipl.-Ing. Philipp Winkelhahn sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der Technischen Universität Braunschweig.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Guo, Jihao; Kossen, Hans Norbert; Neurath, Hagen; Otten, Malte; Pußack, Michaela; Ritters, Kerstin; Winkelhahn, Philipp: Hydraulik, Elektrik, Informatik – Gemeinschaftliche Entwicklung energieeffizienter und vernetzter Antriebssysteme. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2019. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2020. S. 1-14

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202001201525-1>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2019/chapter/hydraulik.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.